か、といったいろいろな意見が出まして、照明通信教育委員会が発足し、昭和55年に“照明の実務講座”の通信教育がスタートしました。基幹となったのは谷鹿光治氏（当時東京計器工業）、笠原襄氏（元東芝・当時山田照明）、太刀川三郎氏（前出）、伊東孝氏（前出）の4名の方でした。谷鹿氏は東電出身で、戦前、戦中、戦後、現在まで（今年11月で96歳）、本学会の育成に努力されて来た方で、また、昭和32年に照明普及会が設立されましたが、この設立にも尽力され、当時の維持会員は47社に過ぎなかったのを同氏は折りに触れ、またゴルフ会などを通じて現在の59社に拡大した原動力となった方です。笠原氏は早稲田大学の体操部の選手だったらしく、東芝の堀川町工場の屋上手すり、倒立をして皆の汗を冷やしたと言うエピソードを聞いたことがあります。一方で写真の大家で特に雪に関するものは一家を成し、新聞社が借りに来るほどだったそうです。太刀川氏はつい最近まで私と一緒に学会の仕事をして来たのですが、大企業で育った良い点だけを備えておられ、すべてがキッチリされていて、何をお願いしても間違いはありませんでした。伊東氏は東芝育ちの照明の生き字引の様な人で、口八丁・手八丁の人でした。世の中狭いと言われるそうですが伊東氏と私の場合もそうでして、私がさきに書きました

空母信濃に行っていました頃、伊東氏は東芝から同艦へ蛍光ランプを搬入していたと戦後判りました。この照明教育委員会は創設以来昨年で20年経ちましたが、受講者数は年ごとに山あり谷ありでしたが、このところ安定してきました。従ってご存知ない方が多いと思いますが、学会経営の財政上、幾分かのお手伝いが毎年できておりますことを喜んでおります。

以上、記憶に残っていることを書き連ねました。
照明学会も戦後10年位（事務局長が小西彦磨氏、熊岡誠一氏）までは、所属会社から仕事のため、外出していても、昼頃になると夫々学会の事務所へ寄って、弁当を開いて（当時は大抵の人は弁当持参で、外食する経済的余裕はありませんでした）お茶を入れてもらい、雑談をして別れるといったファミリーな雰囲気でした。著名な先生方にもよくお目にかかれました。大山松二郎先生が「米国のアーナー・メンバーのような専門会員といった制度を創ったらどうかね」とか「僕はもう学術会議から外してくれよ」といった大きなテーマも、この雰囲気の中ででした。懐かしい思い出です。

本稿を提出するに当たっては、太刀川三郎氏（前出）にいろいろとお世話になりました。厚くお礼申しあげます。

◀照明関連▶

エジソンの電球発明とエピソード

Edison's Invention of the Incandescent Lamp and Episodes

石 塚 昌 泰
Masahiro Ishizuka

正会員

1960年生。早稲田大学
大学院金属工学修士課程
修了。東芝ライテック
（燃管球事業部の技術
部門に所属。

◀キーワード：エジソン、電球、フィラメント▶

1. はじめに

エジソンが白熱電球を発明した19世紀後半は、欧米において産業振興を目的として博覧会が頻繁に開催され、各国は自国の技術水準の高さを競っていた。しかし、当時の照明事情から夜間は閉鎖されたり、せいぜい石油ランプやガス灯を使用して開催するなど寂しい状況であった。また、電気エネルギーが脚光を浴び始めた時代でもあった。そうした中、エジソンは1881年に開催されたパリ国際電気博覧会に始めて参加した。彼は大量の白熱電球を持ち込み、夜間も華やかな装飾を施して来訪者を驚喜させたのである。ここでエジソンは、博覧会事務局より名誉賞をもらっている¹⁾²⁾。エジソンは時代を代表する偉大な発明家であると同時に、ビジネスマン、エンターティナーとしても相当な資質を備えた人であったことがうかがえる。

2. 白熱電球の発明

白熱電球の発光原理は、19世紀の初めに提案されていた。抵抗体に電流を流し高温に白熱させ、その温度放射により可視光線（光）を発生させるというものである。特に1840年代以降において白熱電球の研究は躍進したが、1854年ドイツ人のハインリッヒ・ゲーベルが、発光体に炭化した竹の繊維を使って、白熱電球の原型ともいえるべき発明をした。さらに、1878年にはイギリスのジョセフ・スワンが、炭素フィラメントを搭載した白熱電球を発明した。一方、エジソンは1876年にメンロパークに研究所を設立し、1878年には「エジソン電灯会社」を設立した。資本金は30万ドル、研究者は100人程度いたそうである。そして、翌1879年10月21日に炭素フィラメントを搭載した実用的な白熱電球の開発に成功している。
エジソンは、白熱電球開発に当たって明確な目標を持っていた。それは、低コストと電氣的な特性として電

流値を1 (A) 以下にするというものであった。前者は、マーケティングの結果、1個40セント以下なら売れると判断すると、発売当初1ドルを超える売価だったものを、数年で22セントまでコストダウンしている¹⁾。また、エジソンはいかなる発明も単体では普及できないと考えていた。彼は、電球を普及させるために電力事業への展開も同時に着手した。後者は、効率的な電力システムを構築するための条件として、電球の電気的な特性を制約しておく必要があると判断したからである。この点については、直流システムへの固執があだとなって、必ずしもエジソンの思惑通りに進まなかったが、その先見性の高さはさすがと言える。

3. フィラメント材料と竹

エジソンは、実用化を前提とした白熱電球開発の最大のポイントは、フィラメント材料の選定にあると認識していた。そうした認識のもと、エジソンは電気抵抗が高く、しかも高融点で耐酸化性に優れた材料を探すことに傾倒していったのである。

材料選定の際に参考としたのが、当時発見されてまもないメンデレーエフの周期表である。エジソンは、まずパラジウム (融点1552℃)、白金 (同1769℃)、ロジウム (同1960℃)、ルテニウム (同2250℃)、イリジウム (同2443℃)、オスミウム (同3045℃) など、周期表にある8 A 族類の金属に注目した。そして、融点・加工性・電気抵抗などを加味して、最終的には白金を選んだ。同じ視点から、モリブデン (同2630℃)、タングステン (同3380℃) も候補としてあげられたが、結局加工性の問題で不採用となった。ただし、白金を採用するにあたっての難点は、高価なことであった。余談だが、このときエジソンは、白金の採掘・精錬事業にも手を出そうとしたということである²⁾。

そうした状況の中、エジソンはスワンなどの研究成果

をヒントに、高価な白金に変わる材料として炭素に注目したようである。そして、1879年10月21日、木綿繊維を炭化して作った直径約0.33mmの炭素フィラメントを搭載した白熱電球が、連続40時間点灯し、実験は成功したのである。電球の効率は約1.1lm/Wで、消費電力は20~30W程度といわれている。ちなみに、2年後に量産化された電球の効率も1.6lm/Wと、現在普及している白熱電球にくらべて、その効率は10分の1以下というレベルのものであった (対100W形一般照明用電球比)。しかし、これが白熱電球進化の出発点となったのである。

この時使用した木綿繊維製の炭素フィラメントは、もろくて実用に耐えるものではなかった。エジソンは、実用化を目指して炭素フィラメントの改善に着手し、京都の竹にたどり着くのである。その間エジソンは、約3000種類もの材料を根気よく実験したのである。材料探しのために探検家を雇って世界中に派遣し、その一人である探検家ウィリアム・ムーアが持ち帰った京都石清水八幡宮の竹が、最終的に選ばれたのである (しかし、石清水八幡宮は昔から神聖な場所として奉られており、境内では草木の伐採は許されなかったという。実際は、八幡竹と呼ばれていた八幡宮周辺の竹が使用されたようである)。京都の竹は、その後セルローズに代わるまで約9年間使用された³⁾。

ところで、白熱電球の開発に欠かせない技術として、材料技術の他に高温技術と真空技術がある。前述したようにエジソンは、高融点金属をフィラメント用の素材候補としてリストアップしたが、当時は1500℃をはるかに超える高温の測定は不可能であった。19世紀末においても、白金型の熱電対で1700℃が測定の限界であったし、放射温度計が実用化されたのは、20世紀になってからである。ここでは各材料の融点を記載しておいたが、当時はこうした物質の性質も正確に把握できない状況で、まさに試行錯誤の連続であったであろうことが推察できる。一方、真空技術については、19世紀半ばに開発された水銀ポンプによって、エジソンが白熱電球開発に着手したころには、 1×10^{-1} Paに到達できるところまで進歩していた³⁾。当時、真空放電に関する研究が盛んであったことがその背景にある。こちらは、エジソンにとって幸いした。エジソンは、最終的にガラス球内を真空としたが、そこにたどり着く過程において、ガスの封入にもチャレンジしていた。当時不活性ガスとして知られていた窒素の他、酸素がなければよいだろうということで、水素や塩素でも実験を行ったようである。

4. エジソンと特許

エジソンは、白熱電球の開発・製品化自体に努力する一方で、その過程で得られたノウハウを、特許という武器にしてビジネスにつなげることに余念がなかった。

図1 エジソン電球 (レプリカ)

白熱電球の開発に成功した1879年には特許出願し、翌年には権利化されている。このころ白熱電球に関する特許は、世の中に30件程しかなかったが、その後4年間で多くの発明家が300件以上の特許を出願している。そして、その約半分がエジソンによるものであった。また、エジソンの特許明細書には炭素フィラメントを「filament」と表記していた。他の発明家は「rod」とか「stick」と表記しており、エジソンがその発熱体に求めている機能が、他の発明家のそれとはかなり違っていたことがうかがえる。

特許についてもう少し詳しい話をすると、エジソンはその生涯で1093件の特許を権利化している。その一部は次の通りである。白熱電球は「電気照明及び電力」に含まれるが、全体の4割近くを占めている²⁾。

電気照明及び電力	398件
蓄音機	195件
電信	150件
蓄電池	141件
電話	34件
映画	9件

これを見ると、その件数にも驚かされるが、19世紀を代表する発明の多くが含まれている。

また、特許活動が違った意味で起業家エジソンを助けることになる。グロスヴィナー・ローリーという特許弁護士がいた。ローリーは、ある会社の顧問弁護士としてエジソンに対立する立場にあったが、後にエジソンの高い能力を知るに至り、資金的な援助をするようになった。先にも書いたが、1878年に設立した「エジソン電灯会社」の資本金30万ドルもローリーの支援によって得られたものである。これがきっかけとなって、エジソンは次々と電気関連の企業を立ち上げたのである。代表的な企業を紹介する²⁾。

エジソン電灯会社	1878年
エジソン電球会社	1881年
エジソン機械製作所	1881年
エジソン電線会社	1881年
エジソン電気商会	1882年
エジソン・スワン合同電気照明会社	1883年

これも余談になるが、いずれの会社にも「エジソン」という名が付いており、エジソンの自己顕示欲の強さがうかがえる。こうした企業体は資本家達の思惑もあって

合併し、1892年にゼネラル・エレクトリック社 (GE) となるのだが、「エジソン」も社名から消されると同時に、事実上経営者として第一線から身を引かざるを得なくなる。

5. 雑記

エジソンの「99パーセントの努力 (パースピレーション) と1パーセントのひらめき (インスピレーション).」という言葉は有名だが、さらにエジソンは「わたしは毎日18時間、つまり普通の人の倍は働いており、成功して当たり前。」と公言してはばからなかったという。しかし、エジソンの真意は「努力することを前提として、最後の決め手となるのがひらめきである。」と言いたかったようである。エジソンはたいへんなメモ魔で、約500万枚という大量のメモが残されているそうで、これらの調査が進めば、エジソン独特の「ひらめき」という思考プロセスが、解明されるのではないだろうか。

また、エジソンは少年時代、乗り遅れそうになった列車に乗る際、耳をつかまれて引き上げられたのが原因で、耳が不自由になった。エジソンは後に「おかげで読書に没頭できたし、電話機の改良もその聞き取りにくさがきっかけとなった。」とか、「口約束や耳約束ができないので書面で契約する習慣が身に付いた。」などと述べたそうである。研究所が大火事になった時も、「こんな大火事めったにないから見ておけ。」と現場に家族を呼び出して見物させておいて、本人は早速翌日から再建のために汗を流していたという逸話もある。エジソンは、あらゆる苦難も自分の肥しとしてしまう楽天性、バイタリティーの持ち主でもあった。

最後に、エジソンの親友であったヘンリー・フォード氏の言葉を紹介する。フォード氏は「エジソンは無駄な努力が大嫌いであった。」と述べている³⁾。つまらない話だと思えば相手かまわず寝てしまいうし、研究に関係ない式典や食事会には一切出席しなかったというのである。エジソンが、常に自分の能力の最大効率を追求してきた人であったということを、よく言い表していると思う。

参考文献

- (1) 浜田和幸：快人エジソン，日本経済新聞社（2000）。
- (2) 名和小太郎：起業家エジソン，朝日新聞社（2001）。
- (3) ㈱日本電球工業会：日本電球工業史（1963）。